

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07030520 A**(43) Date of publication of application: **31.01.95**

(51) Int. Cl. **H04J 14/00**  
**H04J 14/02**  
**G02F 1/35**  
**H04B 10/14**  
**H04B 10/06**  
**H04B 10/04**

(21) Application number: **05171342**(71) Applicant: **NEC CORP**(22) Date of filing: **12.07.93**(72) Inventor: **IWANO TADAYUKI**

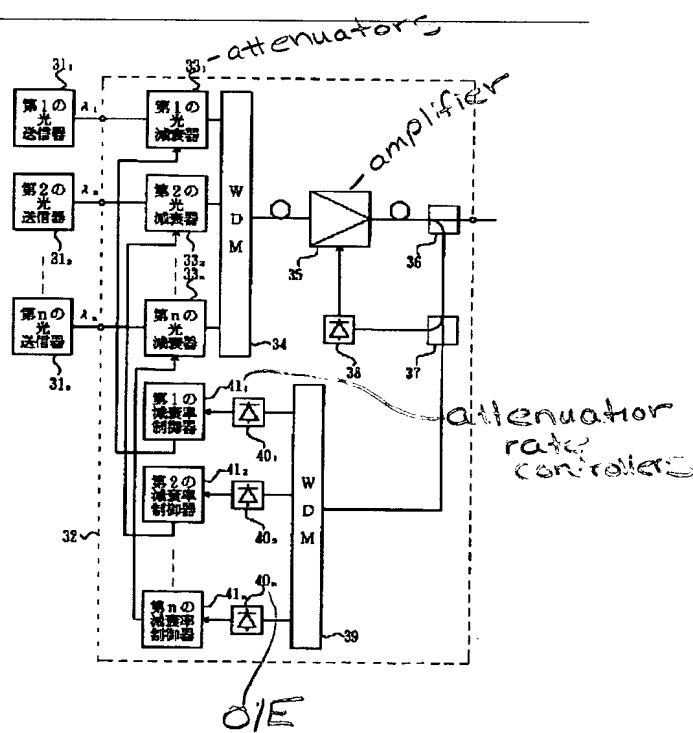
(54) **OPTICAL FIBER AMPLIFIER FOR WAVELENGTH  
 MULTIPLEX TRANSMISSION**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To amplify each signal light so as to allow each to have processing optical output power by controlling an amplification factor for each signal light in the wavelength multiplex transmission optical fiber amplifier multiplexing and amplifying plural signal lights with a different wavelength.

**CONSTITUTION:** n-Sets of signal lights whose wavelength differs from each other are individually attenuated by optical attenuators  $33_1-33_n$  and subjected to wavelength multiplexing at an optical multiplexer 34. The multiplexed signal is amplified by an optical fiber amplifier 35 and the amplified signal is outputted, the part is branched and used for feedback control. In this feedback control, the signal light branched into wavelengths  $\lambda_1-\lambda_n$  at an optical branching device 39 is converted into an electric signal by optoelectric converters  $40_1-40_n$ . Attenuation rate controllers  $40_1-40_n$  compare the optical output level of each signal light represented in the electric signal with a desired optical output level to individually control the attenuation rate of the optical attenuators  $33_1-33_n$ .

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-30520

(43) 公開日 平成7年(1995)1月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 J 14/00

14/02

G 0 2 F 1/35

5 0 1

9316-2K

9372-5K

H 0 4 B 9/ 00

E

9372-5K

S

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平5-171342

(22) 出願日

平成5年(1993)7月12日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 岩野 忠行

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

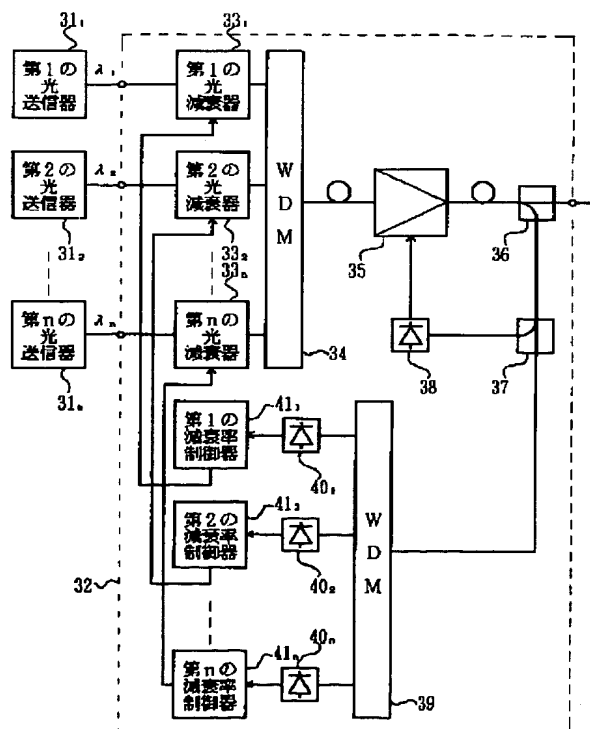
(74) 代理人 弁理士 山内 梅雄

## (54) 【発明の名称】 波長多重伝送用光ファイバ増幅器

## (57) 【要約】

【目的】 相異なる波長の複数の信号光を多重化および増幅する波長多重伝送用光ファイバ増幅器において、各信号光ごとに増幅率を制御してそれぞれが所定の光出力パワーになるように増幅する。

【構成】 相異なる波長の  $n$  個の信号光は光減衰器 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>n</sub> で個別に減衰され、光合波器 34 で波長多重化される。多重化された信号光は光ファイバ増幅器 35 で増幅されたのち出力されるが、その一部は分岐されて帰還制御に用いられる。この帰還制御において、光分波器 39 で各波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  に分波された信号光は、光-電気変換器 40<sub>1</sub> ~ 40<sub>n</sub> で電気信号に変換される。この電気信号で表わされる各信号光の光出力レベルと所望の光出力レベルとの比較を減衰率制御器 41<sub>1</sub> ~ 41<sub>n</sub> で行い、この結果に基づいて光減衰器 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>n</sub> の減衰率を個別に制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相異なる波長の信号光を個別に入力する複数の信号光入力手段と、

前記各信号光を増幅するとともにこれらを多重化する光増幅手段と、

この光増幅手段での前記各信号光ごとの増幅率を可変にする増幅率可変手段と、

前記光増幅手段で増幅された前記各信号光がそれぞれ所定の出力レベルになるように前記増幅率可変手段を帰還制御する帰還制御手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送用光ファイバ増幅器。

【請求項 2】 相異なる波長の信号光を個別に入力する複数の信号光入力手段と、

前記各信号光ごとの増幅率をそれぞれ可変にする増幅率可変手段と、

この増幅率可変手段の出力を合波する光合波器と、

この光合波器により合波された信号光を増幅する光増幅器と、

この光増幅器で増幅された信号光の一部を取り出す光分岐器と、

前記各信号光がそれぞれ所定の出力レベルになるように前記光分岐器で取り出された信号光を用いて前記増幅率可変手段を帰還制御する帰還制御手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送用光ファイバ増幅器。

【請求項 3】 相異なる波長の信号光を個別に入力する複数の信号光入力手段と、

前記各信号光ごとの増幅率をそれぞれ可変にする光減衰器と、

この増幅率可変手段の出力を合波する光合波器と、

この光合波器により合波された信号光を増幅する光増幅器と、

この光増幅器で増幅された信号光の一部を取り出す光分岐器と、

この光分岐器で取り出された信号光を前記各波長の信号光に分波する光分波器と、

この光分波器の出力をそれぞれ個別に電気信号に変換する光-電気変換器と、

この光-電気変換器の出力を用いて前記光増幅器で増幅された前記各信号光がそれぞれ所定の出力レベルになるように前記光減衰器を制御する減衰率制御手段とを具備することを特徴とする波長多重伝送用光ファイバ増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光ファイバ増幅器に係わり、特に多重化された各信号光ごとに出力レベルを制御できる波長多重伝送用光ファイバ増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 複数の相異なる波長の信号光を 1 本の光ファイバで伝送する波長分割多重伝送システムでは、こ

れらの信号光の波長多重化と直接増幅を併せて行う波長多重伝送用光ファイバ増幅器を用いることができる。

【0003】 図 2 は、従来提案されたこのような波長多重伝送用光ファイバ増幅器およびその周辺の構成を表わしたものである。この波長多重伝送用光ファイバ増幅器は、2 つ以上の相異なる波長の信号光を多重化するとともにこれらを増幅するようになっている。第 1 ～ 第 n の光送信器 11<sub>1</sub> ～ 11<sub>n</sub> はそれぞれ  $\lambda_1$  ～  $\lambda_n$  の互いに異なった波長の信号光を送出するようになっている。これらの信号光は波長多重伝送用光ファイバ増幅器 12 に入力されるようになっている。波長多重伝送用光ファイバ増幅器 12 は、これらの信号光を入力して合波する光合波器 13 とこれらの出力を直接増幅する光ファイバ増幅器 14 を備えている。光ファイバ増幅器 14 の出力側には光分岐器 15 が配置されていて、これによって分岐された一部の出力は光-電気変換器 16 に入力されて電気信号に変換され、この電気信号が光ファイバ増幅器 14 にフィードバックされている。

【0004】 このような構成の波長多重伝送用光ファイバ増幅器 12 で、入力された n 個の信号光は光合波器 13 で波長多重化される。多重化された信号光は光ファイバ増幅器 14 で増幅されたのち光分岐器 15 を経て出力されるが、その一部は光-電気変換器 16 で電気信号に変換されたのち、光ファイバ増幅器 14 の増幅率を制御するのに用いられる。この制御は多重化された信号光が所定の光出力レベルになるように施される制御である。

【0005】 このような波長多重伝送用光ファイバ増幅器では、信号光の間の利得競合が発生する。このため、光送信器から入力した各信号光の光パワーが同じであっても、増幅された各信号光の光パワーは同一にならないのが一般的である。特に光ファイバ増幅器の利得は信号光の波長に大きく依存するので、利得のピーク近傍の波長と利得のピークから離れた波長とでは最大 10 dB 程度の出力パワーの差が生じる。

【0006】 ところで、波長多重伝送用光ファイバ増幅器では、光パワーのバラツキが大きくなると受信側においてアイソレーション特性の劣化が起きる。すなわち、受信側では多重化された信号光から元の各信号光を取り出すのに光分波器を用いるが、一般的に光分波器には信号光の間のクロストークがあり、他の信号光が雑音として混入する。特に取り出そうとしている信号光の光パワーが小さい場合には、クロストークによって混入した他の大きな光パワーの信号光が相対的に大きな雑音となるため、受信感度の大幅な低下を招く。従って、このような波長多重伝送用光ファイバ増幅器においては、増幅後の各信号光の光パワーを同一レベルに揃えることが重要である。

【0007】 ところが、図 2 に示したような従来提案された波長多重伝送用光ファイバ増幅器では、各信号光ごとに増幅率を制御することができない。そこで、光送信

器側で各信号光ごとに光パワーを調整することによって、増幅後の各信号光の光パワーを揃える必要があった。信号光の光パワーを調整する一般的な装置として、特開昭 61-28243 には、電気光学効果を利用したマッハ・ツェンダ型変調装置等が開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】したがって、従来提案された波長多重伝送用光ファイバ増幅器では、個々の信号光の光出力パワーを所定の値に設定する作業が面倒であった。また、例えば波長多重伝送用光ファイバ増幅器を構成する個々の部品の特性のバラツキ、温度変化、経時変化によっても、各信号光に対して所期設定した光出力パワーが変動するので、光送信器側の光パワーの調整を繰り返し行わなければならないという不便さがあった。

【0009】そこで本発明の目的は、光送信器の光パワーをいちいち調整しなくても、増幅器側で各信号光の光出力パワーを所望のレベルに設定でき、しかも一旦設定すればその出力パワーを維持することのできる波長多重伝送用光ファイバ増幅器を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の発明では、相異なる波長の信号光を個別に入力する複数の信号光入力手段と、各信号光を増幅するとともにこれらを多重化する光増幅手段と、この光増幅手段での各信号光ごとの増幅率を可変にする増幅率可変手段と、光増幅手段で増幅された各信号光がそれぞれ所定の出力レベルになるように増幅率可変手段を帰還制御する帰還制御手段とを波長多重伝送用光ファイバ増幅器に具備させる。

【0011】すなわち請求項 1 記載の発明では、相異なる各信号光ごとの増幅率を可変にできる増幅率可変手段に対して帰還制御を施すことにより、各信号光が所定の出力レベルになるように増幅している。

【0012】請求項 2 記載の発明では、相異なる波長の信号光を個別に入力する複数の信号光入力手段と、各信号光ごとの増幅率をそれぞれ可変にする増幅率可変手段と、この増幅率可変手段の出力を合波する光合波器と、この光合波器により合波された信号光を増幅する光増幅器と、この光増幅器で増幅された信号光の一部を取り出す光分岐器と、各信号光がそれぞれ所定の出力レベルになるように光分岐器で取り出された信号光を用いて増幅率可変手段を帰還制御する帰還制御手段とを波長多重伝送用光ファイバ増幅器に具備させる。

【0013】すなわち請求項 2 記載の発明では、相異なる各信号光ごとの増幅率を可変にできる増幅率可変手段に対して、光分岐器で取り出した増幅後の信号光の一部を用いて帰還制御を施すことにより、各信号光が所定の出力レベルになるように増幅している。

【0014】請求項 3 記載の発明では、相異なる波長の信号光を個別に入力する複数の信号光入力手段と、各信

号光ごとの増幅率をそれぞれ可変にする光減衰器と、この光減衰器の出力を合波する光合波器と、この光合波器により合波された信号光を増幅する光増幅器と、この光増幅器で増幅された信号光の一部を取り出す光分岐器と、この光分岐器で取り出された信号光を各波長の信号光に分波する光分波器と、この光分波器の出力をそれぞれ個別に電気信号に変換する光-電気変換器と、この光-電気変換器の出力を用いて光増幅器で増幅された各信号光がそれぞれ所定の出力レベルになるように光減衰器を制御する減衰率制御手段とを波長多重伝送用光ファイバ増幅器に具備させる。

【0015】すなわち請求項 3 記載の発明では、相異なる各信号光ごとの増幅率を可変にできる光減衰器に対して、光分岐器と光分波器で取り出した増幅後の各信号光を用いて帰還制御を施すことにより、各信号光が所定の出力レベルになるように増幅している。

【0016】

【実施例】以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0017】図 1 は本発明の一実施例の波長多重伝送用光ファイバ増幅器およびその周辺を表わしたものである。光送信器 31<sub>1</sub> ~ 31<sub>n</sub> が送出する相異なる波長  $\lambda_1$  ~  $\lambda_n$  の各信号光は、本実施例の波長多重伝送用光ファイバ増幅器 32 に入力されるようになっている。波長多重伝送用光ファイバ増幅器 32 は、これらの信号光を個別に入力する光減衰器 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>n</sub> と、これらの光減衰器 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>n</sub> の出力を合波する光合波器 (WDM) 34 を備えている。光合波器 34 の出力はエルビウム添加光ファイバ増幅器 35 に入力される。エルビウム添加光ファイバ増幅器 35 の出力はこの波長多重伝送用光ファイバ増幅器の出力として後段の図示しない光ファイバに入力される他、光分岐器 37 に入力されて更に 2 系統に分岐されるようになっている。

【0018】このうちの最初の分岐出力は光-電気変換器 38 に入力されて電気信号に変換され、光ファイバ増幅器 35 に入力されて、前記したような利得制御に用いられるようになっている。

【0019】光分岐器 37 によって分岐された他の出力は、光分波器 (WDM) 39 に入力され、前記した各波長  $\lambda_1$  ~  $\lambda_n$  に分波される。光分波器 39 から出力されるこれら波長別の信号光は光-電気変換器 40<sub>1</sub> ~ 40<sub>n</sub> に入力されてそれぞれ対応する電気信号に変換される。光-電気変換器 40<sub>1</sub> ~ 40<sub>n</sub> の出力は対応する減衰率制御器 41<sub>1</sub> ~ 41<sub>n</sub> に入力され、予め設定されている所定の出力レベルと個別に比較される。それらの結果に基づいて、対応する第 1 ~ 第 n の光減衰器 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>n</sub> の減衰率を変化させるようになっている。

【0020】光減衰器 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>n</sub> としては、印加電圧によって光の透過率が変化する液晶が用いられている。また、光合波器 34 および光分波器 39 は回折格子を利用したものが用いられている。

【0021】このような構成の波長多重伝送用光ファイバ増幅器の動作の説明を、簡単のため $n$ が“2”の場合について行う。第1の光送信器31<sub>1</sub>から出力される波長 $\lambda_1$ の信号光（以後、第1の信号光と呼ぶ）と第2の光送信器31<sub>2</sub>で発生した波長 $\lambda_2$ の信号光（以後、第2の信号光と呼ぶ）は、波長多重伝送用光ファイバ増幅器32に入力され、対応する光減衰器33<sub>1</sub>～33<sub>n</sub>で減衰される。第1の光減衰器33<sub>1</sub>と第2の光減衰器33<sub>2</sub>はそれぞれ固有の減衰率を持っている。個々に減衰された第1の信号光と第2の信号光は光合波器34で多重化され、後段のエルビウム添加光ファイバ増幅器35で所定の光出力パワーになるよう増幅される。

【0022】増幅された信号光は光分岐器36を経て出力されるが、その一部は光分岐器37を経て光-電気変換器38に入力されて、エルビウム添加光ファイバ増幅器35を制御する。この帰還制御は波長多重伝送用光ファイバ増幅器から出力される合波後の信号光を所定のレベルに制御するための利得調整に使用される。

【0023】一方、光分岐器37から光分波器39に到達し、ここで分波された第1の信号光（波長 $\lambda_1$ ）と第2の信号光（波長 $\lambda_2$ ）は、それぞれ対応する光-電気変換器40<sub>1</sub>、40<sub>2</sub>で電気信号に変換されて、同じく対応する減衰率制御器41<sub>1</sub>、41<sub>2</sub>に入力される。これらの減衰率制御器41<sub>1</sub>、41<sub>2</sub>では、信号光パワーを表わす入力電気信号が所定のレベルに達しなければ対応する光減衰器33<sub>1</sub>または33<sub>2</sub>の減衰率が小さくなるようにその印加電圧を制御し、逆に所定のレベルを越えていれば対応する光減衰器の減衰率が大きくなるようにその印加電圧を制御する。これらの帰還制御は、先に述べたエルビウム添加光ファイバ増幅器35全体の利得調整と異なり、各信号光ごとの利得調整を行うものである。

【0024】このように各信号光ごとの利得制御を行うことにより、第1および第2の信号光を、所望の光出力パワーになるように増幅することができる。ここでは説明上の都合により、 $n$ が“2”の場合について説明を行ったが、 $n$ が“3”以上の場合、すなわち信号光が3個以上の場合にも全く同様に動作することは言うまでもない。

【0025】また、本実施例では光出力パワー設定の自由度を大きくするためにエルビウム添加光ファイバ増幅器35に対して帰還制御を行っているが、各信号光ごとの利得を制御しているのは光減衰器33<sub>1</sub>～33<sub>n</sub>であるから、この帰還制御がなくても各信号光ごとの光出力パワーを揃えられることには変わりがない。

【0026】さらに、増幅率可変手段として、印加電圧により透過率の変化する液晶の代わりに別のタイプの光

減衰器を使用してもよい。また、本実施例ではコストが安いことと設置スペースが少なくすむことを考慮して光減衰器を用いているが、光増幅器を用いても差し支えない。

#### 【0027】

【発明の効果】以上説明したように請求項1記載の発明によれば、相異なる波長の各信号光に対して個別に増幅率を変化させることができ、光送信器側でいちいち光パワーの調整を行わなくても、光増幅器側で各信号光の光出力パワーを容易に所定のレベルに設定できる。また、この光出力レベルを一旦設定すれば、波長多重伝送用光ファイバ増幅器を構成する部品の特性が温度変化や経時変化によって変動しても、初期設定された光出力パワーを維持するよう自動的に各信号光ごとの増幅率が補正制御されるという効果もある。

【0028】また請求項2記載の発明によれば、多重化された信号光全体の利得調整と各波長ごとの利得調整を互いに独立して行なえるようにしたので、利得調整が容易になるという効果がある。

【0029】さらに請求項3記載の発明によれば、光増幅器と比べてコストが安く設置スペースの面でも有利な光減衰器を用いているので、波長多重伝送用光ファイバ増幅器の低コスト化およびコンパクト化を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

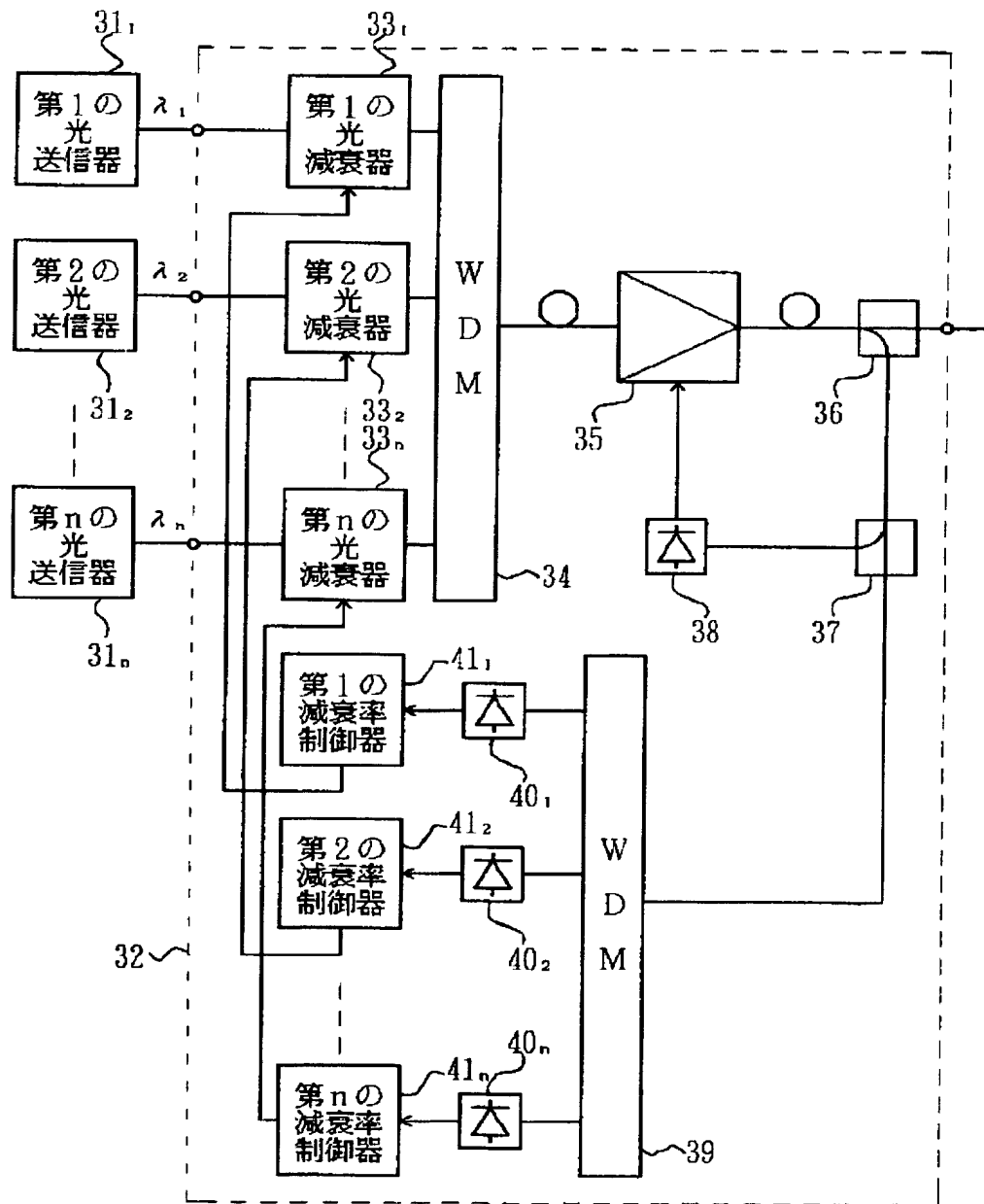
【図1】本発明の一実施例における波長多重伝送用光ファイバ増幅器およびその周辺の構成を表わした概略説明図である。

【図2】従来の波長多重伝送用光ファイバ増幅器およびその周辺の構成を表わした概略説明図である。

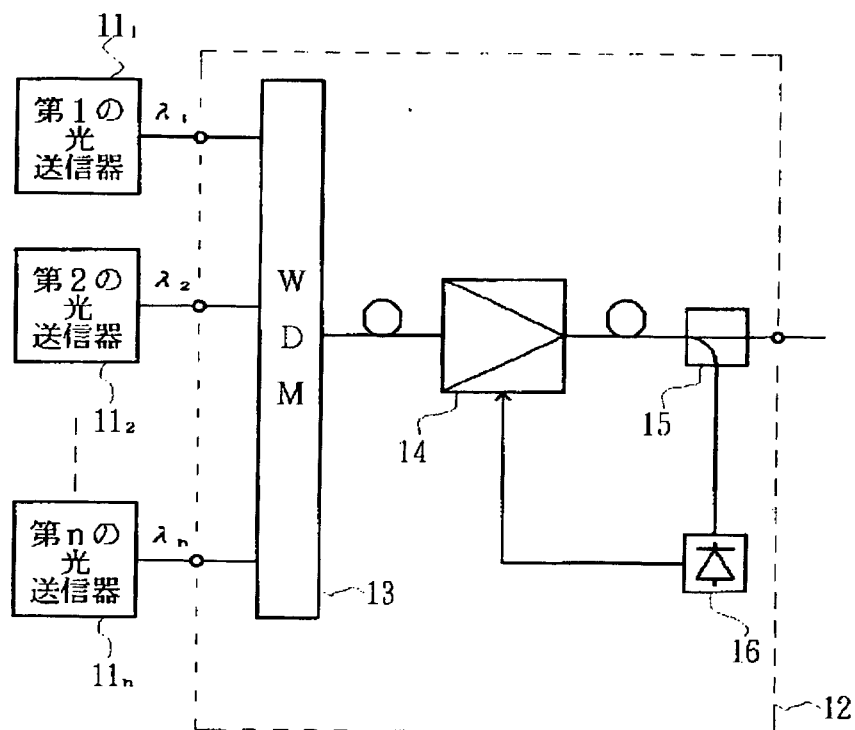
#### 【符号の説明】

- 11<sub>k</sub> 第 $k$ の光送信器（ $1 \leq k \leq n$ ）
- 12 従来の波長多重伝送用光ファイバ増幅器
- 13 光合波器（WDM）
- 14 エルビウム添加光ファイバ増幅器
- 15 光分岐器
- 16 光-電気変換器
- 31<sub>k</sub> 第 $k$ の光送信器（ $1 \leq k \leq n$ ）
- 32 本発明の波長多重伝送用光ファイバ増幅器
- 33<sub>k</sub> 第 $k$ の光減衰器（ $1 \leq k \leq n$ ）
- 34 光合波器（WDM）
- 35 エルビウム添加光ファイバ増幅器
- 36, 37 光分岐器
- 38 第 $(n+1)$ の光-電気変換器
- 39 光分波器（WDM）
- 40<sub>k</sub> 第 $k$ の光-電気変換器（ $1 \leq k \leq n$ ）
- 41<sub>k</sub> 第 $k$ の減衰率制御器（ $1 \leq k \leq n$ ）

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H04B 10/14

10/06

10/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所